

TNO-rapport**TNO 2020 R10527****Kwaliteitstoetsingsdocument Geologisch
model GeoTOP v1.4 - modelgebied Noord-
Brabant en Noord- en Midden-Limburg v1.0**Energy Transition
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum	11 maart 2020
Auteur(s)	P. Kiden
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	12
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	De directeur Geologische Dienst Nederland
Projectnaam	GIP Ondiepe Modellerings 2020
Projectnummer	060.43296

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding – doel en context van dit rapport	3
2	Het geologisch ondergrondmodel GeoTOP v1.4 modelgebied Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg v1.0	4
3	Werkwijze voor de Final Quality Review	5
4	Belangrijkste aandachtspunten uit de Final Quality Review van GeoTOP Brabant en Limburg.....	6
4.1	Lagenmodel	6
4.2	Voxelmodel	9
4.3	Referenties	11
5	Ondertekening	12

1 Inleiding – doel en context van dit rapport

Voor een duurzaam gebruik en beheer van de ondergrond van Nederland is informatie en kennis over opbouw en eigenschappen van de bodemlagen essentieel. TNO – Geologische Dienst Nederland (GDN) levert deze informatie in de vorm van diverse digitale modellen van de Nederlandse ondergrond (Tabel 1). De bouw van elk model wordt gedetailleerd beschreven in het betreffende totstandkomingsdocument.

Tabel 1. Geologische en hydrogeologische modellen in de BRO.

Model	Type
Digitaal Geologisch Model (DGM) v2.2	Geologische modellen
REGIS II v2.2	Hydrogeologische modellen
GeoTOP v1.4	Geologische modellen

Dit document geeft een beknopte beschrijving van de werkwijze bij en de belangrijkste aandachtspunten uit de finale controle en beoordeling van de kwaliteit (Final Quality Review of FQR) van het geologische ondergrondmodel GeoTOP v1.4, modelgebied Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg v1.0 (verder aangegeven als GeoTOP Brabant en Limburg) voor vrijgave voor publicatie. De algemene beschrijving van de uitgangspunten en werkwijze van de FQR die gelden voor alle recent vrijgegeven ondergrondmodellen is te vinden in het 'Kwaliteitstoetsingsdocument Ondergrondmodellen BRO – Algemeen'. De gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles van het model GeoTOP Brabant en Limburg zijn vastgelegd in een bevindingenlijst (intern TNO document) en in het register inzake meldingen modellen (onderdeel van de BRO).

2 Het geologisch ondergrondmodel GeoTOP v1.4 modelgebied Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg v1.0

GeoTOP is een driedimensionaal model van de laagopbouw en grondsoort (klei, zand, grind en veen) van de ondiepe ondergrond van Nederland tot een diepte van maximaal 50 m onder NAP. In GeoTOP is de ondergrond onderverdeeld in een regelmatig driedimensionaal grid (raster) van aaneengesloten voxels (volumecellen) van 100 bij 100 m in de horizontale richting en 0,5 m in de verticaal. Aan elke voxel zijn eigenschappen gekoppeld. Dit zijn de lithostratigrafische of geologische eenheid (laag) waartoe een voxel behoort, de lithoklasse (grondsoort) die representatief is voor de voxel en een aantal attributen die tezamen een maat van modelonzekerheid vormen. Behalve voxels bevat GeoTOP ook een gedetailleerd lagenmodel en de geïnterpreteerde boormonsterbeschrijvingen die bij het maken van het model gebruikt zijn. GeoTOP wordt per modelgebied gemaakt, waarbij de modelgebieden ongeveer overeen komen met de provincies.

Het modelgebied van GeoTOP Brabant en Limburg wordt in het westen en noorden begrensd door de reeds gepubliceerde modelgebieden Zeeland en Rivierengebied. Deze twee modelgebieden omvatten al een deel van de provincie Noord-Brabant en het noordelijkste puntje van de provincie Limburg. GeoTOP Brabant en Limburg wordt in het zuiden grotendeels begrensd door RD-coördinaat Y=339000. Op deze wijze blijft Zuid-Limburg, met zijn specifieke en complexe geologische opbouw, buiten beschouwing.

3 Werkwijze voor de Final Quality Review

Voor de eindcontrole van GeoTOP Brabant en Limburg volgens de FQR-systematiek werd besloten het model in twee stappen te beoordelen, overeenkomend met en aansluitend op de twee belangrijke onderdelen van het GeoTOP-model. Eerst vond de FQR en vrijgave plaats van het lagenmodel, gevolgd door de FQR en vrijgave van het voxelmodel.

De kwaliteitscontroles in het kader van de FQR van het **lagenmodel van GeoTOP Brabant en Limburg** vonden plaats in de periode van juni tot augustus 2018. Ze werden uitgevoerd door vijf geologen / regio- en/of GIS-experts, waarvan twee van de Afdeling Geomodellering van TNO – Geologische Dienst Nederland, die niet betrokken waren bij de bouw van het model. De drie andere reviewers waren werkzaam bij Deltares. Tijdens het eerste vrijgavegesprek op 27 augustus 2018 werd op basis van de bevindingen van de kwaliteitscontrole besloten om het lagenmodel niet vrij te geven en de vastgestelde modelproblemen eerst te verbeteren (zie onder voor verdere inhoudelijke toelichting). De verbeteringen door het modelleerteam vonden plaats in september en werden gevolgd door een nieuwe kwaliteitscontrole van het bijgestelde lagenmodel. Tijdens een tweede vrijgavegesprek op 20 september 2018 werd het verbeterde lagenmodel vrijgegeven voor publicatie.

De kwaliteitscontroles in het kader van de FQR van het **voxelmodel van GeoTOP Brabant en Limburg** startten in november 2018 en werden afgerond op 26 februari 2019. Ze werden uitgevoerd door zes geologen / regio-experts, waarvan één werkzaam bij Deltares en de andere vijf bij de Afdeling Geomodellering van TNO – Geologische Dienst Nederland. De vijf TNO-GDN-medewerkers waren niet betrokken bij de bouw van het voxelmodel, maar twee reviewers hadden in een adviserende rol meegewerkt in de voorbereidende fase van de bouw van het lagenmodel. Met het laatste positieve vrijgavegesprek op 7 maart 2019 over het voxelmodel werd ook het op dat moment complete model GeoTOP Brabant en Limburg vrijgegeven voor publicatie.

4 Belangrijkste aandachtspunten uit de Final Quality Review van GeoTOP Brabant en Limburg

Hieronder worden in het kort de belangrijkste algemene aandachtspunten uit de eindcontroles en de bovenvermelde vrijgavesprekken van het GeoTOP model Brabant en Limburg aangegeven. Voor de gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles wordt verwezen naar het register inzake meldingen modellen (onderdeel van de BRO).

De uitgevoerde kwaliteitscontroles in het kader van de FQR waren uitgebreid maar niet uitputtend en geven daarom geen garantie dat alle problemen zijn geïventariseerd. Wel zijn de belangrijkste problemen die een eventuele vrijgave in de weg zouden kunnen staan opgemerkt en geduid.

4.1 Lagenmodel

4.1.1 *Formatie van Boxtel, Laagpakket van Kootwijk (BXKO, stuifzand)*

De BXKO vertoonde in het lagenmodel, besproken tijdens het eerste vrijgavesprek, in nagenoeg het hele verbreidingsgebied een aantal problemen in verband met te kleine of onvolledig gemodelleerde verbreidingen en te geringe dikte. Omdat de BXKO waar hij op BXWI (Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden, dekzand) of op BXDE (Formatie van Boxtel, Laagpakket van Delwijnen, rivierduinen) ligt aan de onderzijde niet te onderscheiden is van die onderliggende eenheid, is de eenheid niet in 3D karteerbaar. Tijdens het eerste vrijgavesprek is daarom besloten dat een aanpassing voor publicatie nodig is. Een volledige oplossing is echter ingrijpend en tijdrovend.

Het onderscheiden van de BXKO (op BXWI of BXDE) heeft weinig tot geen invloed op de uitkomsten van de lithoklassemodellering, omdat de lithologie van deze eenheden weinig verschillen vertoont. De uitgewerkte oplossing, waarvan de resultaten besproken zijn in het tweede vrijgavesprek is als volgt: de BXKO wordt samengenomen met de BXWI en met de BXDE. Dat resulteert in de nieuwe modeleenheden BXWIKO (Formatie van Boxtel, laagpakketten van Wierden en Kootwijk) en BXDEKO (Formatie van Boxtel, laagpakketten van Delwijnen en Kootwijk). Daar waar de BXKO op een andere eenheid dan de BX ligt, gaat de BXKO behoren tot de BXWIKO. De verbreiding van de BXKO blijft ongewijzigd. Deze aanpassing gaat gelden voor heel GeoTOP Brabant en Limburg.

4.1.2 *Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven (BXSI)*

De modellering van de BXSI in de beekdalen is goed geslaagd en geeft op enkele details na een realistische voorstelling van de diepte en breedte van de beekdalinsnijdingen, belangrijk voor bijvoorbeeld hydrogeologische toepassingen van het model. De wijze van modelleren die dit mogelijk maakt heeft echter waarschijnlijk een ongewenst neveneffect opgeleverd in laaggelegen BXSI-gebieden net naast de 'echte' beekdalen (meestal 'broeken' of 'beemden' genoemd), waar een dunne deklaag van BXSI aan het maaiveld voorkomt. In die gebieden is nu een even dik pakket BXSI gemodelleerd als in de beekdalen zelf, en dit ruimt de er in werkelijkheid voorkomende eenheden (meestal Formatie van Boxtel (BX) en Formatie van Boxtel, Laagpakket van Liempde (BXML) afzettingen) op tot op ongeveer dezelfde diepte als in de beekdalen zelf (meestal zo'n 4 tot 5

meter). Dit probleem is beperkt tot een relatief klein aantal gebieden, meestal in de Roerdalslenk. De hierdoor veroorzaakte lithologische verschillen blijven ook gering: de fijne BXSI vervangt een (mogelijk) iets dikker pakket fijne en siltige BXLM en BX-afzettingen.

De conclusie van het tweede vrijgavesprek is dat er kan volstaan worden met een goede omschrijving van het probleem in de toelichting, eventueel geïllustreerd met geïdealiseerde dwarsdoorsneden van de werkelijke en de gemodelleerde situatie.

4.1.3 *Formatie van Boxtel, Laagpakket van Liempde (BXLM)*

Deze eenheid kende in het eerste vrijgavesprek problemen wat betreft de verbreiding en het te golvende verloop. Daarom is de BXLM-verbreiding ingeperkt in overleg met de regio-expert(s) van het FQR-team. De variatie in dikte wordt zo gelaten.

4.1.4 *Formatie van Boxtel, Laagpakket van Best (BXBS) en Formatie van Beegden, Laagpakket van Rosmalen (BERO)*

Zoals gemodelleerd lijken deze beide eenheden dezelfde laag voor te stellen die doorloopt over de formatiegrens BX-BE heen. Op het eerste gezicht suggereert dit dat bij het modelleren nieuwe inzichten en concepten zijn gebruikt wat betreft de samenhang en genese van deze eenheden, of dat het een artefact is van de modelleertechnische aanpak die in werkelijkheid niet hard is te maken.

De werkwijze van modellering van deze eenheden is echter conform recent wetenschappelijke onderzoek (Schokker, 2003; Schokker et al., 2007); er is geen sprake van andere nieuwe inzichten met betrekking tot deze eenheden die bij het modelleren zouden zijn gebruikt. Het is wel de eerste keer dat deze eenheden in 3D gemodelleerd zijn en er is dus weinig of geen *a priori* kennis en ervaring aanwezig om dit modelresultaat tegen af te wegen. De door het model gesuggereerde samenhang in de ruimte (en evt. genese) is geen modelartefact maar komt voort uit een correcte modelleerwerkwijze, en is daarom waarschijnlijk een goede benadering van de geologische werkelijkheid. Tijdens het tweede vrijgavesprek is daarom besloten om de oplossing en het in eerste instantie enigszins onverwachte resultaat goed uit te leggen in de documentatie. In beperkte gebieden heeft de gekozen oplossing tot een ongewenst effect geleid, waar de BXBS en BERO als een soort slang halverwege de BE erin komt. Dit moet als Terugmelding in het Register inzake terugmeldingen modellen worden opgenomen.

4.1.5 *Scherpe overgangen tussen Formatie van Boxtel (BX), Formatie van Kreftenheye (KR), Formatie van Beegden (BE) en Formatie van Sterksel (ST)*

In het noorden van de Roerdalslenk ten oosten van 's Hertogenbosch vertanden de BX en KR met elkaar. De BX, KR, BE en ST vertonen in dit gebied lokaal zeer scherpe overgangen met elkaar in de vorm van rechte 'muren' die op het eerste zicht doen denken aan model-artefacten. De vertanding tussen BX en KR wordt hier niet geologisch plausibel weergegeven.

Er is tijdens het tweede vrijgavesprek besloten dat de keuze die gemaakt is, namelijk die van de rechte KR-muur, goed uitgelegd moet worden in de bijbehorende documentatie. Daarbij hoort een conceptueel dwarsprofiel dat de afwijking van de geologische werkelijkheid illustreert. In de documentatie moet ook opgenomen worden dat de BX en de KR in het vertandingsgebied geen invloed zouden mogen hebben op de onderliggende BE; dat is nu in een beperkt gebied wel het geval.

4.1.6 *Formatie van Stramproy (SY) in West-Brabant*

De modellering van de verbreiding en dikte van de uitwiggende SY in West-Brabant vertoont een aantal onvolkomenheden. In de bijna-exclave van Castelré tussen de Mark en het Merkske wordt de SY relatief dik gemodelleerd terwijl hij daar afwezig is, terwijl hij in het gebied ten westen en zuidwesten van Roosendaal afwezig wordt beschouwd terwijl hij daar waarschijnlijk wel voorkomt. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat bij de modellering van deze diepere oudere (Pleistoceen en ouder) eenheden maar een beperkt aantal (diepere DGM-) boringen zijn gebruikt en informatie uit het vroeger gekarteerde 1:50.000-kaartblad 49O niet is meegenomen. Enerzijds gaat het hier om relatief kleine gebieden (Castelré) of om relatief dunne afzettingen (maximaal ongeveer 6 m) aan de rand van hun verbreidingsgebied. Anderzijds hebben de SY-zanden mogelijk specifieke geotechnische eigenschappen ('vloeizand'), wat een betrouwbare modellering van de eenheid dichtbij het maaiveld juist wenselijk maakt

Tijdens het tweede vrijgavesprek is besloten het punt als Terugmelding in het Register inzake terugmeldingen modellen op te nemen. De vraag blijft onbeantwoord of de modelleerwerkwijze van dergelijke oudere eenheden dichtbij maaiveld niet verbeterd moet worden met het oog op o.a. de constructie van DGM+ voor heel Nederland.

4.1.7 *Kleilagen binnen eenheden*

Oorspronkelijk waren kleilagen binnen eenheden (zoals binnen de formaties van Stramproy en Waalre) expliciet in het lagenmodel gemodelleerd en bleken ze een aantal onvolkomenheden te kennen (bv. geologisch onrealistische golvingen en afbuigingen, problemen bij gaten in de lagen). Daarop is besloten ze niet meer als aparte lagen te modelleren maar ze wel voor de sturing van het voxelmodel te gebruiken.

4.1.8 *Verschillen in breukverzet tussen op elkaar liggende eenheden*

Lokaal komen geologisch-tektonisch niet-plausibele verschillen in breukverzet voor tussen meerdere boven elkaar liggende eenheden. Dit kan opgelost worden door het plaatsen van steunpunten, maar er is geen garantie dat het probleem dan helemaal opgelost is. Tijdens het tweede vrijgavesprek is besloten het punt als Terugmelding in het Register inzake terugmeldingen modellen op te nemen.

4.1.9 *Naamgeving WA vs. PZWA*

Tijdens het eerste vrijgavesprek bleek dat in het model en in de bijhorende documentatie inconsistent gebruik wordt gemaakt van de namen PZWA (Formatie van Peize en Formatie van Waalre) en WA (Formatie van Waalre) voor dezelfde eenheid. Er is besloten dit te verbeteren in overeenstemming met een eerder gemaakte afspraak naar aanleiding van de controle van het Concept geologisch model DGM+ Brabant-Limburg (13 juni 2017). Er wordt zowel in het conceptueel model als in de documentatie consequent gesproken over de WA en niet over de PZWA, terwijl de betreffende grids van het lagenmodel PZWA blijven heten. Dit verschil wordt toegelicht in de bij het model te publiceren documentatie.

4.2 **Voxelmodel**

4.2.1 *Modellering van de beekdalen*

Het model laat een goede modellering zien van de beekdalen, zowel in West-Brabant als in de Roerdalslenk. In die gebieden is de insnijdingsdiepte groot genoeg om door de bovenste leem- of kleilaag in de onderliggende eenheid heen te gaan (dit is belangrijk voor o.a. hydrogeologische toepassingen).

4.2.2 *Modellering van de helling van de lagen*

De modellering van de helling van de lagen van de diepere eenheden (bijvoorbeeld Formatie van Waalre (WA) en Formatie van Maassluis (MS)) naar het noord-noordoosten in West-Brabant geeft een realistisch en geologisch plausibel beeld.

4.2.3 *Onterecht buigende of golvende lagen*

Lokaal is sprake van overmatig of onterecht 'buigende' of 'golvende' lagen (bijvoorbeeld in de WA bij de Brabantse Wal).

4.2.4 *Inconsistente modellering van structuren en hellingen binnen de Formatie van Beegden (BE)*

De Formatie van Beegden is niet als 'hellende eenheid' gemodelleerd, terwijl de onderliggende eenheden wel intern hellende en gebogen gelaagdheid vertonen die vooral in de sterk verbreukte gebieden van de Roerdalslenk en het Peel- en Venlo Blok de breukblokbewegingen beter lijkt te volgen. De boven de BE liggende BX vertoont ook een meer realistisch ogend vloeiend verloop omdat hier veel meer data beschikbaar is die de interpolatie stuurt. Dit verschil tussen de BE en de andere eenheden suggereert (ten onrechte) een andere genese en/of post-depositionele geschiedenis.

Tijdens het vrijgavesprek is besloten het voxelmodel op dit punt bij te stellen door de Formatie van Beegden opnieuw te berekenen met de unfolding/folding techniek, mits dit daadwerkelijk een verbetering met zich meebrengt. Dit laatste bleek na een aanvullende controle het geval te zijn, waarop de verbeterde resultaten werden vrijgegeven.

4.2.5 *Onterecht naar boven toe doorwerkende breuken*

Breuken die in een eenheid uitdoven werken door in de hele eenheid, met als gevolg ongewenste lithologische overgangen met naastliggende breukblokken in het (bovenste) deel van de eenheid waarin de breuk niet meer werkzaam is. Met de huidige modelleertechniek is het alleen mogelijk om een breuk in een eenheid als geheel te laten doorwerken, of in het geheel niet. Bij breuken die in een eenheid uitdoven gaat de voorkeur van de gebiedsdeskundige geologen uit naar de eerste optie, waarbij de breuk in de gehele eenheid werkzaam is. Deze voorkeur is in de modellering toegepast.

4.2.6 *Modelartefacten in complexe breukzones*

Vooraf in de gebieden met veel breuken en daardoor ook soms kleine breukblokken is de opbouw zeer complex en treden lokaal modelartefacten op door de wisselwerking van het complexe breukpatroon, onvoldoende boorgegevens, verschillen in boorkwaliteit, en onder andere technische beperkingen van de algemene modelleerwijze (interpolatie, sturing met behulp van maaiveldhoogte of basis van de eenheid, smoothing e.d.). Omdat deze modelartefacten lokaal optreden vormen ze geen belemmering voor vrijgave.

4.2.7 *Invloed van individuele boringen en zoekcirkels*

Individuele boringen van lage kwaliteit (bijvoorbeeld grote intervallen met maar één lithoklasse) werken sterk door in gebieden en/of eenheden met een lage boordichtheid (bijvoorbeeld als 'kolommen' rond boringen en interpolatiecirkels). Dit is vooral goed zichtbaar in de cumulatieve diktekaarten die gebruikt werden bij de kwaliteitscontrole. Deze cirkels zijn echter ook in bijvoorbeeld profielen zichtbaar als 'kolommen' van één tot meerdere kilometer doormeter rond boringen. Bij sterk afwijkende lithologie (bv. grof zand of grind binnen een eenheid met fijn zand) kan dat voor bijvoorbeeld hydrogeologische toepassingen ongewenste gevolgen hebben. Omdat deze modelartefacten lokaal optreden vormen ze geen belemmering voor vrijgave.

4.2.8 *Invloed van hoogteverschillen in het maaiveld*

Sterke variaties in de hoogteligging van het maaiveld, bijvoorbeeld bij een diepe zandwinning, werken door in de lithoklasse-invulling van eenheden die met de unfolding/folding techniek zijn gemodelleerd. Omdat deze modelartefacten lokaal optreden vormen ze geen belemmering voor vrijgave.

4.2.9 *Rekenblokgrenzen soms zichtbaar*

De verticale en horizontale grenzen waarlangs het model wordt opgedeeld om het rekentechnisch beter hanteerbaar te maken zijn op cumulatieve diktekaarten soms zichtbaar als noord-zuid en oost-west lopende rechte lijnen die gebieden met (kleine) verschillen in gemiddelde cumulatieve dikte van bepaalde lithoklassen begrenzen. Dit is sterk afhankelijk van welke eenheid en lithoklasse beschouwd wordt en komt slechts in een beperkt aantal gevallen voor. De invloed op de totale kwaliteit van het model worden als gering ingeschat zodat het effect geen belemmering vormt voor vrijgave.

4.2.10 *Uit te leveren einddiepte van het model*

Een discussiepunt waaraan zowel binnen het FQR-team als bij het vrijgavesprek uitgebreid aandacht is besteed is de vraag of de huidige modelbasis gehandhaafd moest blijven op 50 m onder NAP of dat er argumenten waren voor betere alternatieven. In tegenstelling tot alle tot nu toe in GeoTOP opgenomen modelgebieden ligt in grote delen van het modelgebied Brabant en Limburg het maaiveld hoger dan 20 m +NAP en in het zuidoosten lokaal zelfs hoger dan 50 m +NAP. Aangezien de datadichtheid en –kwaliteit, en daarmee de betrouwbaarheid van het model, snel afneemt met de diepte stelt zich de vraag of de modelbasis gehandhaafd moet blijven op 50 m -NAP zoals in GeoTOP-modelgebieden waar het maaiveld ongeveer op NAP of slechts weinig daarboven ligt.

Na afweging van diverse alternatieven (bijvoorbeeld vaste modelbasis op 30 m -NAP voor het hele modelgebied Brabant en Limburg, trapsgewijs verhogen van modelbasis van 50 naar 30 of minder m onder NAP afhankelijk van de maaiveldhoogte, of een variabele modelbasis op een bepaalde diepte onder maaiveld of op een stratigrafisch niveau) werd besloten om de modelbasis voor het hele modelgebied Brabant en Limburg te handhaven op 50 m -NAP. Dit sluit aan bij de al in GeoTOP gepubliceerde modelgebieden en vergemakkelijkt daardoor het gebruik van het model GeoTOP Brabant en Limburg in combinatie met de modellen van andere modelgebieden waar de modelbasis ook op 50 m -NAP ligt. De met het model meegeleverde entropie als maat van de modelonzekerheid kan helpen om de gebruikers te attenderen op en te laten omgaan met de afnemende betrouwbaarheid van het model met toenemende diepte. Het punt wordt opgenomen als Terugmelding in het Register inzake terugmeldingen modellen.

4.3 Referenties

Schokker, J., 2003. Patterns and processes in a Pleistocene fluvio-aeolian environment. Roer Valley Graben, south-eastern Netherlands. Netherlands Geographical Studies 314, 142 pp.

Schokker, J., Weerts, H.J.T., Westerhoff, W.E., Berendsen, H.J.A. & Den Otter, C., 2007. Introduction of the Bostel Formation and implications for the Quaternary lithostratigraphy of the Netherlands. Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw 86 (3): 197-210.

5 Ondertekening

Utrecht, maart 2020

TNO

Naam en paraaf tweede lezer



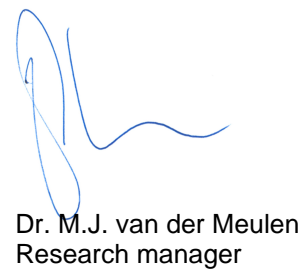
Drs D. Maljers

Ondertekening



Drs. P. Kiden
Auteur

Autorisatie vrijgave



Dr. M.J. van der Meulen
Research manager